

신우요관이행부 협착에서 보상성 사구체비후는 신주사상 Supranormal 분리신기능의 원인이 아니다

Compensatory Glomerular Hypertrophy Is Not a Cause of Supranormal Renographic Differential Renal Function in Patients with Ureteropelvic Junction Obstruction

Won Sik Ham, Hyeon Joo Jeong¹, Sang Won Han

From the Departments of Urology and ¹Pathology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: Increasing clinical importance is being placed on the role of differential renal function (DRF) for the management of congenital ureteropelvic junction obstructions. Supranormal DRF of a hydronephrotic kidney, on a renal scan, is hypothesized to be due to an increase in single nephron filtration or nephron volume. However, the etiology of this paradoxical phenomenon still remains to be elucidated. We studied the histopathological changes of hydronephrotic kidneys with a supranormal DRF.

Materials and Methods: 35 children with unilateral congenital hydronephrosis and supranormal DRF (>55%), on preoperative renal scans, who had undergone pyeloplasty, were retrospectively evaluated. There were 3 female and 32 male patients. The mean age at the time of the operation was 12.6 months, ranging from 0.1 to 144 months. Needle biopsies, from 3 different sites at the lower pole of the kidney, were performed during surgery. To evaluate the presence of glomerular hypertrophy, the maximal planar area of the glomeruli was measured under light microscopy. Tissue samples were obtained in same manner from kidneys with no history of urinary tract disease on autopsy, and used as controls. The mean glomerular areas of the patient and control groups were plotted according to the patient's age.

Results: The mean glomerular area in the patient group was smaller than in the control group, with the exception of 4 patients. According to the logistical regression, the probability of larger renal glomeruli increased with decreasing DRF ($p=0.1155$).

Conclusions: The glomerular area of a hydronephrotic kidney, with a supranormal renal function on a renal scan, was not significantly larger than the normal controls. Therefore, we believe that the theory of increased nephron volume as a cause of a supranormal DRF can be excluded. (*Korean J Urol* 2003;44:34-39)

Key Words: Supranormal differential renal function, Ureteropelvic junction obstruction, Renal scan, Glomerular hypertrophy

대한비뇨기과학회지
제 44 권 제 1 호 2003

연세대학교 의과대학 비뇨기과학교실,
¹병리학교실

함원식 · 정현주¹ · 한상원

접수일자 : 2002년 8월 6일
채택일자 : 2002년 9월 9일

교신저자 : 한상원
세브란스병원 비뇨기과
서울시 서대문구 신촌동 134
☎ 120-752
Tel: 02-361-5801
Fax: 02-312-2538
E-mail: swhan@yumc.
yonsei.ac.kr

본 연구에서 사용된 19명의 부검례의 신조직표본을 제공해주신 서울대학교 어린이병원 지체근 교수께 감사드립니다.

서론

일측 혹은 양측의 수신증이 있을 때 양측 신기능의 비교는 이환신의 치료방침을 결정함에 있어서 중요한 기준이 된다. 과거에는 이러한 신기능의 측정을 위하여 양측 신장뇨의 수집 및 분석을 위한 양측 요관 삽입술과 같은 침습적인 방법을 사용하였으나, 현재는 대부분 비침습적인 Tc-99m diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA), mercaptoacetyltrigly-

cine (MAG3), dimercapto-succinic acid (DMSA)를 이용한 신주사를 이용하는데, 특히 유소아 수신증을 유발하는 대표적인 질환인 신우요관이행부 협착의 진단 및 치료의 결정에 있어서 신주사에서 분리신기능은 그 임상적인 중요성이 증가하는 중이다.^{1,2} 일반적으로 전체 신기능의 30-40% 이하로 환측의 분리신기능이 저하될 때가 편측성 신우요관 이행부 협착의 수술적인 치료를 고려하는 기준으로 여겨지고 있다.³

신주사에서 간혹 병변이 있는 신장의 분리신기능이 정상

신장보다 높게 측정되는 경우가 관찰되는데, 이러한 supranormal 분리신기능의 발생 빈도는 그 정의에 따라 편측성 신우요관이행부 협착의 9-21.7%로 보고되고 있다.^{4,5} 이러한 paradoxical hyperfunction의 비교적 높은 발생 빈도는 supranormal 분리신기능을 가지는 수신증에 대한 관리방침이 현재까지 확립된 것이 없기 때문에 그 중요성이 증가하며 정말로 환측 신장의 신기능이 증가한 것인지, 아니면 검사계측에서의 양적인 문제인지는 확실하지 않다.⁶ 이전의 DTPA 또는 MAG-3 신주사에 의해 밝혀진 supranormal 분리신기능에 대한 조사에 따르면 이러한 결과가 인위적인 오차인 것으로 밝히고 있으나,^{7,8} 최근에 발표된 조사에 의하면 이러한 supranormal 분리신기능은 실제로 존재하는 것으로 그 발생 기전에 대해 여러 가설이 제시되고 있는 상태이다.^{4,9-13}

이론적으로 supranormal 분리신기능은 단일 신원 여과의 증가 또는 신원 부피의 증가에 의해 발생할 수 있다.⁴ 신조직이 손상되는 상황에서 보상적인 신 성장은 비후 (hypertrophy)를 통해 일어날 수 있는데,¹⁴ 이러한 기전을 통해 보다 큰 신장은 단일 신원 여과의 증가 없이도 supranormal 분리신기능을 유지할 수 있다. 한편, 간헐적인 급성 요관폐색이 있는 경우에도 신혈류가 급격히 증가하므로 이 기전으로도 supranormal 분리신기능을 설명하고 있다.¹⁵

본 연구는 이와 같은 편측성 신우요관이행부 협착에서 발생하는 신주사상 supranormal 분리신기능의 원인으로 제시되고 있는 두 가지 가능성 중에서 신조직 손상에 대한 보상적인 사구체비후의 존재여부를 확인하기 위해 편측성 신우요관이행부 협착에서 supranormal 분리신기능이 있는 군과 그렇지 않은 군에서의 환측 신장의 사구체 최대평면 넓이를 비교하여 보상성 사구체비후의 존재 여부를 확인하고자 한다.

대상 및 방법

1995년 1월부터 2001년 6월까지 본원에서 편측성 신우요관이행부 협착으로 진단되어 신우요관 성형술 및 술 중 환측 신생검을 받았던 48명의 환자를 대상으로 후향적으로 조사하였다. 모든 환자는 술 전에 복부 초음파, 배뇨 중 방광요도조영술, 신주사 (MAG-3, DTPA, DMSA scan 중 1-2개)를 시행받았고, 기존의 요로계 수술력, 요로계 감염력, 방광요관 역류, 중복요관, 신경인성 방광, 방광배출폐색 또는 양측성 병변이 있는 경우 조사대상에서 제외되었다. 모든 이노성 신주사는 well-tempered renogram의 것파 비슷한 규격화된 방법으로 시행되었다.¹⁶ 집합관 내에서의 활동으로 인한 과대 측정을 피하기 위해 방사선 약품주사 후 1분

과 3분 사이에 얻어진 영상을 이용하여 분리신기능을 계산하였다. DMSA 신주사에서는 4시간 후의 영상을 이용하여 분리신기능을 계산하였다. 분리신기능이 55% 이상인 경우를 supranormal 분리신기능으로 정의하였다. 본 연구에서는 분리신기능의 측정을 MAG-3, DTPA, DMSA 신주사 중 1-2개의 검사를 불균일하게 선택하여 시행하였는데, 기존의 보고에 따르면 분리신기능의 평가에 있어서 DMSA 신주사와 DTPA, MAG-3 신주사는 밀접한 비례 상관관계를 보이기 때문에,¹⁷ 신주사의 종류에 상관없이 측정된 분리신기능에 따라 supranormal 분리신기능인 군과 그렇지 않은 군으로 분류하여 사구체비후의 존재여부를 조사하였다.

모든 환자는 수술 중 생검침을 이용하여 신장 하극에서 3부위 이상 생검하였으며, 통상의 과정을 거쳐 PAS (periodic acid-Schiff) stain을 시행하였다. 사구체 비후의 존재여부를 알기 위해, 400배 고배율하에 광학현미경을 이용하여 신생검 조직표본에서 최대평면넓이로 절단된 사구체의 수가 4개 이하인 환자 13명은 사구체 표본채취 과정에서의 오차를 줄이기 위해 조사대상에서 제외하여 총 35명의 환자를 대상으로 이들의 최대평면넓이로 절단된 사구체들의 넓이를 computerized tracing equipment (Image-Pro plus[®], USA)를 이용하여 측정하여 실험군으로 정하였다. 35명의 환자 중 남자가 32명이었으며, 여자가 3명이었고, 수술 당시 평균 연령은 12.6 (0.1-144)개월이었다. 전체 환자 중 우측 신장에 병변이 있는 경우는 9명이었고, 나머지 26명은 좌측 신장에 병변이 있었다. 환자의 연령에 따른 신장의 성장으로 인해 연령별에 따른 사구체비후의 여부 결정기준으로 신장병변이 없는 19명의 부검례의 신조직표본에서 동일한 방법으로 사구체의 최대평면넓이를 측정하여 이를 대조군으로 하였다. 이들 실험군과 대조군의 평균 사구체 최대평면넓이를 연령별로 비교하여 사구체비후의 존재여부를 확인하였다. 실험군 환자 1명당 신생검 조직표본에서 최대평면넓이로 구해진 사구체의 평균 개수는 13.8개였고, 대조군에서는 이를 15개로 규격화하여 사구체의 평균 최대평면넓이를 구하였다 (Table 1).

통계처리는 SAS (analyst)를 이용하여 실험군에서의 연령, 분리신기능, 사구체 평균 최대평면넓이와의 관계를 multiple regression analysis를 이용하여 확인하였고, simple linear regression analysis를 통해 구한 대조군의 사구체 평균 최대평면 넓이 예측치와 비교하여 실험군에서의 분리신기능과 사구체 평균 최대평면넓이와의 관계를 logistic regression analysis를 사용하여 분석하였다. $P < 0.05$ 인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

Table 1. Patients' characteristics

	No. pts	Age (months)	No. glomeruli	MAG3	DTPA	DMSA
Experimental group	35	12.6±28.2	13.6±7.4	12	6	17
DRF						
>55%	8	5.7±10.8	12.5±5.7	5	2	1
<55%	27	14.7±31.5	14.2±7.8	7	4	16
Control	19	4.4±4.5	15			

DRF: Differential renal function, MAG3: Mercaptoacetyl triglycine, DTPA: Diethylenetriaminepentaacetic acid, DMSA: Dimercapto-succinic acid. Data reveal mean±standard deviation

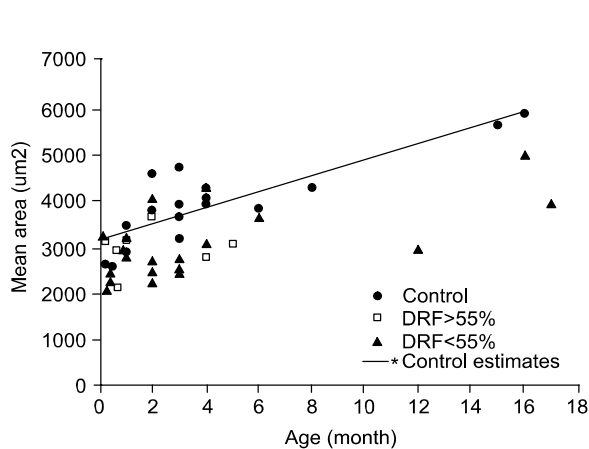


Fig. 1. Scatter plot shows a relationship between mean glomerular areas and age in each group. Mean glomerular areas of experimental group were smaller than control group except for 4 patients. *: $Y=172.03X+3173.08$.

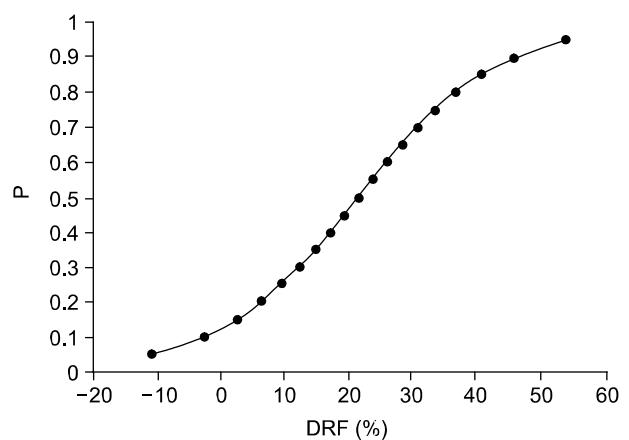


Fig. 2. According to logistic regression probability of larger renal glomeruli increased with decreasing DRF. P: Probability, DRF: Differential renal function ($p=0.1155$).

결 과

전체 35명의 환자에서 supranormal 분리신기능인 경우는 8명 (22.9%)으로 나타났다. 이 중 2명은 우측 신장이었고, 나머지 6명은 모두 좌측 신장이었다. Supranormal 분리신기능인 군의 평균 연령은 5.7개월이고, 그렇지 않은 군의 평균 연령은 14.7개월이었다.

Multiple regression analysis에 따르면 실험군에서 연령에 따른 사구체 평균 최대평면넓이의 증가는 통계적으로 유의하게 나타났고 ($p<0.05$), 분리신기능에 따른 사구체 평균 최대평면넓이와의 관계는 통계적인 유의성이 없는 것으로 확인되었다 ($p=0.5975$).

실험군과 대조군의 사구체 평균 최대평면넓이를 연령별로 열거, 비교해 보았을 때 실험군 중 4명의 환자의 경우를 제외하고는 (분리신기능이 55% 이상인 군에서는 1명) 모두 대조군의 예측치에 비해 사구체의 평균 최대평면넓이가 작

은 것으로 나타났다 (Fig. 1). Logistic regression analysis에 의해 대조군의 예측치와 비교하여 실험군에서의 분리신기능과 사구체 평균 최대평면넓이와의 관계를 분석하였을 때, 통계적인 유의성은 존재하지 않았으나 분리신기능이 감소할수록 사구체 평균 최대평면넓이가 증가할 가능성이 증가하는 것으로 나타났다 ($p=0.1155$, Fig. 2).

고 찰

유소아 수신증을 유발하는 대표적인 질환인 신우요관이행부 협착의 진단과 치료에 있어서 좌우 신의 개별적인 신기능을 정확히 평가하는 것은 환자의 치료 결정 및 치료 후 신기능 회복여부를 객관적으로 증명하기 위해서 매우 중요한 사항으로 현재는 대부분 비침습적인 신주사를 통해 측정된 분리신기능이 진단, 치료 및 추적검사에 유용한 지표로 쓰이고 있다.^{18,19} 현재 편측성 신우요관이행부 협착에 있어 신주사를 이용하여 분리신기능을 측정할 때 병변이 있는 신장의 분리신기능이 정상 신장보다 높게 측정되는

경우를 경험할 수 있는데, 이러한 supranormal 분리신기능은 그 정의에 따라 모든 편측성 선천성 수신증의 9-21.7% 정도로 분포하는 것으로 보고되고 있고,⁵ 대개 55% 이상인 경우를 supranormal 분리신기능이라 정의하고 있다.^{4,6} 저자들의 경우에서도 55% 이상을 supranormal 분리신기능이라고 정의하였을 때, 전체 35명의 환자 중 22.9%에서 supranormal 분리신기능인 것으로 나타나 이전의 다른 연구들과 비슷한 결과를 보였다. 이처럼 비교적 흔히 발생하는 supranormal 분리신기능을 나타내는 수신증에 대한 치료방침이 현재까지도 확립되지 않은 상태이기 때문에 이에 대한 임상적인 관심이 증가하는 중이다.

편측성 신우요관이행부 협착의 경우 발생하는 supranormal 분리신기능의 원인에 대해 실제로 신기능이 증가하여 나타나는 것인지 또는 검사 수기상의 오류에 의한 것인지 많은 논란이 있어왔다. 기존의 DTPA 또는 DMSA 신주사를 이용하여 supranormal 분리신기능을 조사한 보고에 의하면,^{7,8} 이러한 supranormal 분리신기능 소견은 인위적인 것이며, 신기능의 측정에 중요한 정확한 관심구역의 설정 및 검사시간 등의 오류로 인한 검사 수기상의 문제에 의한 것이라고 하였다. 즉, 예상되는 신기능의 정확성을 결정하는 배경 방사선 활동도(background)⁵ 및 수신증이 있는 신장의 확장된 집합관 내의 동위원소의 축적으로 인해 특히 검사 후반기 분리신기능의 계산에 영향을 줄 수 있다는 것들이 supranormal 분리신기능의 요인들로 제시되었다.²⁰⁻²³ 또한 신주사 자체가 3차원구조의 부피증가를 2차원적인 평면구조인 관심구역 내에서 측정하는 것이기 때문에 확장된 집합관의 용적이 관심구역보다 많이 분리신기능에 영향을 줄 수 있다고 생각되었다.⁶

그러나 최근의 국내의 보고에 의하면 supranormal 분리신기능은 검사상의 오류가 아닌 실제로 존재하는 것이고, 이는 일측 요관의 부분 폐색 시 보상기전에 의해 신기능과 신 크기가 병변측에서 바뀌어 생기는 것으로 보고되고 있다.⁹ Groshar 등¹⁰은 single photon emission computerized tomography (SPECT)를 이용하여, DMSA의 신흥수(uptake)를 조사한 결과, supranormal 분리신기능은 실제 존재하는 것이고, 환측 신장의 크기는 평균보다 크다고 하였다. 다른 보고에서도 DMSA 신주사에서의 longitudinal parenchymal area에 따르면 supranormal 분리신기능을 보이는 환측신장의 크기가 대조군에 비해 크다고 하고 있고,⁴ 요관 폐색을 동반한 확장된 집합관 내의 동위원소의 정체로 인해 DMSA 신주사에서의 분리신기능의 증가 가능성에 대해 상대적 DMSA uptake를 상대적 DTPA uptake와 비교한 보고에 따르면 이는 문제가 되지 않는 것으로 주장하고 있으며,¹¹ 성공적인 신우요관 성형술 이후 요관 폐색이 교정된 후에도 여전히

존재하는 supranormal 분리신기능의 검사소견 역시 이러한 요관 폐색으로 인한 동위원소의 정체가 supranormal 분리신기능의 원인은 아니라는 것에 추가적인 근거로 제시되고 있다.¹² 최근의 국내의 보고에서도 앞서 밝힌 배경 방사선 활동도 및 확장된 집합관내의 동위원소의 정체로 인한 영향을 배제하기 위해 여러 가지의 background subtraction methods 및 검사 시간 간격을 이용하여 supranormal 분리신기능을 조사한 결과 supranormal 분리신기능은 실존하며, 분리신기능은 유의한 요관 폐색이 있거나, 크게 확장된 집합관을 동반하는 수신증이 있는 경우 증가하는 것으로 보고하고 있다.¹³

이론적으로 supranormal 분리신기능은 단일 신원여과의 증가 또는 신원부피의 증가에 의해 발생할 수 있다.⁴ 신조직 손실 시 보상적인 신성장은 비후(hypertrophy)를 통해 발생할 수 있는데,¹⁴ Peters 등^{24,25}은 이와 같은 보상적인 비후의 기전을 통해 크기가 커진 신장은 단일신원여과의 증가없이도 supranormal 분리신기능을 나타낼 수 있다고 보고하고 있다. 간헐적인 급성 요관 폐색이 있는 경우 발생하는 신혈류의 급성 증가 또한 supranormal 분리신기능의 생리적인 기전으로 제시되고 있다.¹⁵ Steckler 등⁶은 이러한 급성 신혈류의 증가는 renal prostaglandins와 renin-angiotensin system을 매개로 이루어질 것으로 보고하였다. Wahlin 등²⁶은 실험용 쥐에서 인위적으로 편측성 요관 폐색을 유발하여 수신증을 유발시킨 후 수액공급(volume expansion) 시 수신증의 정도에 비례하여 수신증을 동반한 환측 신장의 혈류가 증가하고 이에 반해 반대편 정상 신장의 혈류는 변화가 없다고 보고하며, 이러한 현상에 대해 수액공급 시 정상 신장과 수신증을 동반한 신장 모두에서 구심성 사구체동맥(afferent glomerular arteriole)의 혈관확장이 생기나, 수신증을 동반한 신장에서는 이와 동시에 원심성 사구체동맥(efferent glomerular arteriole)의 혈관 확장과 여과계수(filtration coefficient)의 감소가 생겨 궁극적으로 신 손상을 야기하는 높은 수압으로부터 수신증을 동반한 신장을 보호하기 위해 낮은 여과부하(filtered load)를 나타내 발생한다고 가정하였다.

본 연구에서 저자들은 supranormal 분리신기능의 발생기전의 하나로 제시되는 보상적인 신비후의 존재여부를 확인하기 위해 supranormal 분리신기능을 보이는 환측 신생검조직 표본에서 사구체의 최대평면넓이를 측정하여 이를 부검례의 신조직 표본에서의 사구체의 최대평면넓이와 연령별로 비교하여 사구체의 비후여부를 확인하였다. 본 연구의 결과에서 편측성 신우요관이행부 협착에서 supranormal 분리신기능을 보이는 군과 그렇지 않은 군 간의 사구체의 최대평면넓이의 차이는 통계적인 유의성은 없었고 전체 35명 중 4명을 제외하고는 모두 대조군의 사구체의 최대평면넓

이보다 작은 것으로 나타나 supranormal 분리신기능을 나타내는 군에서의 사구체비후의 발생 가능성은 떨어질 것으로 생각되었다. 또한 실험군에서 연령별로 대조군과 비교해 보았을 때 통계적인 유의성은 없었으나 분리신기능이 떨어질수록 사구체의 넓이가 증가할 가능성이 증가하는 것으로 나타나 신손실에 대한 보상성 사구체비후는 존재할 것으로 나타났다.¹⁴

현재 supranormal 분리신기능이 향후 신기능에 있어서 긍정적인 징후인지는 알려지지 않은 상태로 본 연구의 결과에 따르면 supranormal 분리신기능인 군에서의 사구체비후의 가능성은 떨어지는 것으로 나타나 supranormal 분리신기능이 보상적인 신비후에 의한 진정한 과기능에 의한 것은 아닐것으로 생각된다. 수신증을 동반한 신장의 크기가 증가할수록, 폐색이 심할수록 분리신기능이 증가한다는 여러 조사들의 결과^{4,13}와 volume expansion 시 수신증의 정도에 비례해 신혈류가 증가한다는 Wahlin 등²⁶의 보고를 종합하여 고려해 볼 때, 수신증을 동반한 신장이 높은 수압으로 보호받기 위해 tubulo-glomerular feedback, prostaglandins, renin-angiotensin system 등을 매개로 한 신혈류역동학의 변화로 인해 궁극적으로 신혈류의 증가를 야기하여 신주사에서 분리신기능의 증가로 나타날 것으로 생각한다.²⁷⁻²⁹

본 연구는 그 연구대상이 35명으로 제한되어 supranormal 분리신기능을 나타내는 군에서의 사구체비후의 존재여부를 밝히는 데 있어서 통계적인 유의성은 나타내지 못했으나, 대조군과 비교해 볼 때 대부분 실험군에서의 사구체의 평균 최대평면넓이가 작은 것으로 나타나 supranormal 분리신기능의 원인으로 사구체비후의 가능성은 떨어질 것으로 추정되었다. 향후 연구대상의 추가와 함께 이 환자들에 대한 신우요관 성형술 이후 지속적인 분리신기능의 추적관찰을 통한다면 supranormal 분리신기능의 발생기전 및 환측 신기능의 예후를 예측하는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

결 론

편측성 신우요관이행부 협착에서 비교적 흔히 발생하는 신주사에서의 supranormal 분리신기능은 실존하는 것으로 아직까지 그에 대한 치료 및 관리방침은 정립되지 않은 상태이다. 현재 발생기전의 하나로 제시되고 있는 신 손실에 대한 보상적인 신비후의 존재여부를 확인하기 위해 수신증을 동반한 환측 신장에서의 사구체비후의 존재를 확인한 결과, supranormal 분리신기능을 나타내는 군에서의 사구체비후의 발생 가능성이 떨어지는 것으로 나타나 신 손실에 대한 보상적 사구체비후는 supranormal 분리신기능의 원인이 아닐 것으로 생각한다.

현재 supranormal 분리신기능의 다른 기전으로는 신손상을 야기하는 높은 수압으로부터 수신증을 동반한 신장을 보호하기 위해 환측 신장의 혈관확장 및 여과계수의 감소로 인해 환측 신혈류가 증가되어 나타나는 것으로 추측되고 있다.

REFERENCES

1. Levowitz RZ, Griscom NT. Neonatal hydronephrosis. Radiol Clin North Am 1987;15:49-59
2. Palmer LS, Maizels M, Cartwright PC, Fernbach SK, Conway JJ. Surgery versus observation for managing obstructive grade 3 to 4 unilateral hydronephrosis: a report from the Society for Fetal Urology. J Urol 1998;159:222-8
3. Blyth B, Snyder HM, Duckkett JW. Antenatal diagnosis and subsequent management of hydronephrosis. J Urol 1993;149:693-8
4. Capolicchio G, Jednak R, Dinh L, Salle LP, Brzezinski A, Houle AM. Supranormal renographic differential renal function in congenital hydronephrosis: fact, not artifact. J Urol 1999;161:1290-4
5. Nguyen HT, Gluckman GR, Kogan BA. Changing the technique of background subtraction alters calculated renal function on pediatric mercaptoacetyl triglycine renography. J Urol 1997;158:1252-6
6. Steckler RE, McLorie GA, Jayanthi VR, Gilday DL, Ash JM, Churchill BM, et al. Contradictory supranormal differential renal function during nuclear renographic investigation of hydronephrosis. J Urol 1994;152:600-3
7. Fung LC, McLorie GA, Khoury AE, Ash JM, Gilday DL, Churchill BM. Contradictory supranormal nuclear renographic differential renal function: fact or artifact? J Urol 1995;154:667-70
8. Gluckman GR, Baskin LS, Bogaert GA, Mevorach RA, Hattner RS, Kogan BA. Contradictory renal function measured with mercaptoacetyl triglycine diuretic renography in unilateral hydronephrosis. J Urol 1995;154:1486-90
9. Koff SA. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction: clinical and experimental observations. Urol Clin North Am 1990;17:263-72
10. Groshar D, Issaq E, Nativ O, Livne PM. Increased renal function in kidneys with ureteropelvic junction obstruction: fact or artifact? Assessment by quantitative single photon emission computerized tomography of dimercaptosuccinic acid uptake by the kidneys. J Urol 1996;155:844-6
11. Daly MJ, Henry RE. Defining renal anatomy and function with ^{99m}technetium dimercaptosuccinic acid: clinical and renographic correlation. J Urol 1981;126:5-9
12. McAleer IM, Kaplan G. Renal function before and after pyeloplasty: Does it improve? J Urol 1999;162:1041-4
13. Oh SJ, Moon DH, Kang W, Park YS, Park T, Kim KS.

- Supranormal differential renal function is real but may be pathological: assessment by ^{99m}Tc mercaptoacetyltri-glycine renal scan of congenital unilateral hydronephrosis. *J Urol* 2001;165:2300-4
14. Gulmi FA, Felsen D, Vaughan ED Jr. The pathophysiology of urinary tract obstruction. In: Walsh PC, Retik AB, Vaughan ED Jr, Wein AJ, editors. *Campbell's urology*. 7th ed. Philadelphia: Saunders; 1998;342-86
 15. Walker RD. Contradictory supranormal differential renal function during nuclear renographic investigation of hydroureteronephrosis (Editorial comment). *J Urol* 1994;152:602-3
 16. Conway JJ. Well tempered diuresis renography: its historical development, physiological and technical pitfalls and standardized technique protocol. *Sem Nucl Med* 1992;22:74-84
 17. Seong DH, Han SW, Choi SK. Comparison of DMSA scan and DTPA scan for evaluation of relative renal function in pediatric hydronephrosis. *Korean J Urol* 1992;33:35-40
 18. Duckett JW. When to operate on neonatal hydronephrosis. *Urology* 1993;42:617-9
 19. MacNeily AE, Maizels M, Kaplan WE, Firlit CF, Conway JJ. Does early pyeloplasty really avert loss of renal function?: a retrospective review. *J Urol* 1993;150:769-73
 20. Piepsz A, Dobbeleir A, Ham HR. Effect of background correction on separate technetium-99m-DTPA renal clearance. *J Nucl Med* 1990;31:430-5
 21. Taylor A Jr, Thakore K, Folks R, Halkar R, Manatunga A. Background subtraction in technetium-99m-MAG3 renography. *J Nucl Med* 1997;38:74-79
 22. Yamazaki Y, Shi BB, Yago R, Toma H. Reliability of ^{99m}Tc mercaptoacetyltri-glycine renal scan of congenital unilateral hydronephrosis. *J Urol* 1997;158:1248-51
 23. Holten I, Storm HH. Kidney scintigraphy with ^{99m}Tc mercaptoacetyltri-glycine and ^{131}I -hippurate. *Scand J Urol Nephrol* 1979;13: 275-81
 24. Peters CA, Gaertner RC, Carr MC, Mandell J. Fetal compensatory renal growth due to unilateral ureteral obstruction. *J Urol* 1993;150:597-600
 25. Peters CA, Carr MC, Lais A, Retik AB, Mandell J. The response of the fetal kidney to obstruction. *J Urol* 1992;148: 503-9
 26. Wahlin N, Stenberg A, Erik A, Persson G. Renal blood flow increase during volume expansion in hydronephrotic rats. *J Urol* 2001;165:1696-9
 27. Sheehan SJ, Moran KT, Dowsett DJ, Fitzpatrick JM. Renal haemodynamics and prostaglandin synthesis in partial unilateral ureteric obstruction. *Urol Res* 1994;22:279-85
 28. Vari RC, Boineau FG, Lewy JE. Angiotensin or thromboxane receptor antagonism in rats with congenital hydronephrosis. *J Am Soc Nephrol* 1992;3:1522-29
 29. Hanss BG, Lewy JE, Vari RC. Alterations in glomerular dynamics in congenital, unilateral hydronephrosis. *Kidney Int* 1994; 46:48-57